

*Розглядається технологічний комплекс (ТК) цукрового заводу, функціонування якого характеризується системою показників, які безпосередньо використовуються в інформаційній системі управління. Традиційні методи оцінки техніко-економічних показників базуються на ретроспективному аналізі, тобто розрахунках за певний минулий відрізок часу (добу, декаду, місяць, рік), що не дає можливості приймати оперативні управлінські рішення*

*Ключові слова: прогнозування, технологічний комплекс, техніко-економічні показники*

*Рассматривается технологический комплекс (ТК) сахарного завода, функционирование которого характеризуется системой показателей, которые непосредственно используются в информационной системе управления. Традиционные методы оценки технико-экономических показателей базируются на ретроспективном анализе, т.е. расчетах за определенный прошлый отрезок времени (сутки, декаду, месяц, год), что не дает возможности принимать оперативные управленческие решения*

*Ключевые слова: прогнозирование, технологический комплекс, технико-экономические показатели*

УДК 001.891:65.011.56

# ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Р. О. Бойко

Аспірант\*

E-mail: rela@ukr.net

Л. Г. Загоровська

Кандидат технічних наук, доцент\*

Т. В. Ярова

Аспірант\*

E-mail: vine\_@i.ua

\*Кафедра інформаційних систем

Національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, Київ, Україна, 01601

## 1. Вступ

В технічній літературі наводиться значна кількість методів прогнозування, частина з яких відноситься до окремих процедур, які призначені для локальних задач [1 – 3], такі методи мають глобальний характер [4, 5].

Існують також різні класифікаційні схеми методів прогнозування, але у загальному випадку їх можна поділити на інтуїтивні та формалізовані. Інтуїтивне прогнозування застосовують тоді, коли об'єкт прогнозування елементарний або настільки складний, що урахувати аналітично всі чинники неможливо і доцільно використовувати, наприклад, експертні оцінки.

Формалізовані методи в свою чергу поділяють на екстраполяційні (метод найменших квадратів, експоненційне згладжування), системно-структурні (функціонально-ієрархічні, мережевого моделювання, структурних аналогій, дерева цілей та ін.), асоціативні (імітаційного моделювання, розпізнавання образів, нейромережеве прогнозування, інтелектуальний аналіз даних та ін.), випереджувальної інформації (аналіз потоку публікацій, оцінка значущості винаходів, аналіз патентної інформації), математичні (кореляційний та регресійний аналіз, варіаційні методи, спектральний аналіз, метод групового урахування аргументів, моделювання випадкових процесів, математична логіка та ін.).

## 2. Методика дослідження

На основі аналітичного огляду технічної літератури необхідно зазначити переваги та недоліки різних методів аналізу даних та прогнозування:

- для будь-яких методів, насамперед, необхідно визначити такі змінні та параметри, які дають можливість з достатньою точністю оцінити стан об'єкта (предметної області);
- завжди існує «прокляття розмірності»: бажання урахувати якомога більше показників та критеріїв оцінки, що приводить до ускладнення математичних моделей, які стають громіздкими та мало придатними для оперативного використання;
- наявність феномену «надсистемності» приводить до виникнення взаємодіючих систем (підсистем) нового утворення більш високого рівня, тобто нової системи зі своїми властивостями, що об'єктивно потребує розв'язання додаткових задач, насамперед, координації взаємодії окремих складових.

Таким чином, для обґрунтованих, точних та надійних прогнозів необхідно використовувати системний підхід з комплексом методів та процедур отримання бажаних результатів.

Для конкретної предметної області найбільш важливими показниками ефективності прогнозування є необхідна точність та глибина випередження (упреждения – рос.). При цьому визначають, як правило, не лише абсолютне значення цього показника, а й відно-

шення його до тривалості еволюційного циклу розвитку об'єкта прогнозування. Наприклад, використовується така залежність для оцінки глибини (дальності) прогнозування [1]:

$$t = \frac{\Delta t}{t_x}, \quad (1)$$

де:  $\Delta t$  абсолютне значення часу випередження;  $t_x$  – величина еволюційного циклу об'єкта прогнозування. Формалізовані методи прогнозування доцільно використовувати, якщо глибина випередження має  $\tau \ll 1$ . Якщо ж на період прогнозного періоду виникає «стрибок» ( $\tau \gg 1$ ), то необхідно використовувати інтуїтивні методи або теорію катастроф [3]. В цьому випадку формалізовані методи застосовують для оцінки еволюційних дільниць розвитку до і після стрибка. Якщо у прогнозованому періоді вкладається кілька еволюційних циклів розвитку об'єкта ( $\tau \ll 1$ ), то доцільно використовувати індивідуальні або колективні експертні оцінки.

### 3. Результати дослідження

Заосновується певна схема екстраполяції – формальна або прогнозна. Формальна передбачає збереження у майбутньому минулих та сучасних тенденцій розвитку об'єкта прогнозування, а прогнозна пов'язує фактичний розвиток з гіпотезами щодо динаміки досліджуваного процесу з урахуванням у перспективі його фізичної та логічної сутності. Передбачається, що є можливість сформувати часовий ряд у вигляді впорядкованих за часом наборів вимірювань параметрів та/або характеристик досліджуваного процесу (об'єкта). Наприклад, часовий ряд подається у вигляді:

$$y_t = x_t + S + C + \varepsilon_t, \quad (2)$$

де:  $x_t$  – детермінована складова (тренд);  $S$  – сезонна складова;  $C$  – циклічна складова;  $\varepsilon_t$  – стохастична складова процесу.

Тоді для експлуатації тренда, насамперед, необхідно обрати оптимальну функцію, яка описує емпіричний ряд, а потім визначити параметри обраної екстраполяційної функції. При цьому передаються попередні процедури згладження та фільтрації часових рядів, визначення функцій диференціального росту, формального та логічного аналізу особливостей процесу. В дослідженні обрано процедури оцінки параметрів залежності на основі методу найменших квадратів, експоненційного та адаптивного згладження та метод ймовірнісного моделювання.

Для методу найменших квадратів розрахована залежність приймалась у вигляді:

$$S = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_t - y_i)^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

де:  $S$  – відхилення від точок часового ряду;  $y_i$  – фактичні значення часового ряду;  $\hat{y}_t$  – розрахункові значення часового ряду;  $n$  – кількість спостережень. При цьому модель тренда подається у вигляді:

$$\hat{y} = f(x_i, a_1, a_2 \dots a_k, t), \quad (4)$$

де:  $a_1, a_2 \dots a_k$  – параметри моделі;  $t$  – час;  $x$  – незалежні змінні. Тоді для знаходження параметрів моделі, які відповідають умові (3) достатньо прирівняти нулю перші похідні від за кожним коефіцієнтом  $a_j$  та розв'язати отриману систему рівнянь з невідомими для отримання значень  $a_j$ .

Для практичного використання з урахуванням властивостей часових рядів у якості моделей трендів досліджувались функції:

- лінійна  $y = ax + b$ , (5)

- квадратична  $y = ax^2 + bx + c$ , (6)

- стержнева  $y = ax^2$ , (7)

- показникова  $y = a^x$ , (8)

- експоненційна  $y = ae^x$ . (9)

Наведені функції зручні для апроксимації експериментальних часових рядів, але за умови стійкості та стаціонарності процесів їх доцільно використовувати для задач прогнозування.

При цьому необхідно враховувати, що метод найменших квадратів дає можливість отримати лише короткотерміновий прогноз за умови жорсткої фіксації моделі тренда.

При управлінні ТК часто доводиться використовувати комбінацію різних методів, у тому числі, заснованих на інтелектуальних підходах (нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечітка логіка тощо). В роботі показано, що для оцінки техніко-економічних характеристик на першому етапі необхідно виконати аналіз статистичної інформації, для чого використовуються дані з систем автоматизації, які включають SCADA – програми, та лабораторні вимірювання. На другому етапі, маючи оцінки технологічних змінних та параметрів об'єкта, прогнозуються техніко-економічні показники функціонування ТК.

На цьому етапі можна використовувати для задачі прогнозування метод групового врахування аргументів [2]. Метод використовує принципи теорії навчання та самоорганізації, що дає можливість синтезувати моделі високої складності, яка відповідає складності об'єкта на основі «селекції» – направленої відбору.

Для оцінки прогнозних значень варто враховувати, що при автоматизації ТК використовується 384 точки контролю, 217 точок управління, реалізується біля 200 функцій контролю та управління.

Для оцінки та прогнозування одного з найважливіших показників – втрат цукру в жомі використовуються залежність:

$$y = 0,25 \cdot 10^{-3} x_1 x_3 - 0,73 \cdot 10^{-2} x_1 x_4 - 0,26 \cdot 10^{-4} x_3 x_6, \quad (10)$$

де:  $x_1 x_3$  – відповідно температура першої та третьої зони похилого дифузійного апарату, °C;  $x_4$  – співвідношення втрат фаз (стружка – екстрагент);  $x_6$  – напруження на приводах шнеків, В.

В цілому для отримання прогнозних оцінок ефективності ТК необхідно отримати показники якості сировини, технологічні параметри переробки та обліку, витрати енергоносіїв та матеріалів, існуючі ціни для визначення поточних затрат та отриманого результату від продажу продукції [6 – 9]. Формування прибутку цукрового заводу на інтервалі часу  $\Delta t = t_1 - t_2$  оцінюється залежністю:

$$P = \int_{t_1}^{t_2} \left( B_1 \cdot \Pi_1 + B_2 \cdot \Pi_2 + B_3 \cdot \Pi_3 - \sum_{i=1}^8 Z_i \right) dt, \quad (11)$$

де:  $B_1, B_2, B_3$  – відповідно вихід цукру, меляси та жому, т/год.;  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  – відповідно оптові ціни на цукор, мелясу та жом, грн./т;  $Z_i$  – затрати виробництва (закупівельна ціна буряків, витрати на їх розвантаження, витрати на енергоносії та вапняковий камінь, заробітну плату доставку буряків, цехові та загальнозаводські витрати, на обладнання).

#### 4. Висновки

При створенні інформаційної системи управління цукровим заводом задача прогнозування дає можливість отримати оцінки таких узагальнених показників:

- прибутку, за виразом (11);
- сумарних втрат цукру у виробництві;
- виходу цукру;
- оперативних оцінок за певний період часу.

З урахуванням оцінок квазістаціонарності технологічних об'єктів ( $1,0 \pm 1,5$  год.) розрахунок прогнозних значень показників функціонування ТК повинен проводитись не рідше одного разу на три години [10 – 11].

Інформаційне забезпечення задачі прогнозування включає різні залежності та дані, отримані з різних джерел.

#### Література

1. Акаев, А. А. О новой методологии долгосрочного циклического прогнозирования динамики развития мировой и российской экономики [Текст] / А. А. Акаев, В. А. Садовничий // Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики: М.: ЛКИ/ URSS, - 2011. - С 5 – 69.
2. Афанасьев, В. Н. Аналіз временных рядов и прогнозирование [Текст] / В. Н. Афанасьев, М. М. Юзбашев // М.: Финансы и статистика, 2010. - 162 с.
3. Мушик, Э. Методы принятия технических решений [Текст] / Э. Мушик, П. Мюллер // Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – 208с.
4. Тихонов, Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие [Текст] / Э. Е. Тихонов // Невинномысск, 2006. – 21с.
5. Banerjee, A. "Recursive and Sequential Tests of the Unit Root and Trend Break Hypotheses: Theory and International Evidence" [Текст] / A. Banerjee, R. L. Lumsdaine, J. H. Stock // Journal of Business and Economic Statistics, 1992. - №10, P. 271-287.
6. Bonissone, P. P. Editorial: reasoning with uncertainty in expert systems. [Текст] / P. P. Bonissone, Tong R. M. Editorial // "Int. J. ManMach. Stud.", 1985. - N3. - P.241-250.
7. Chen, S. An integrate system optimization and parameter estimation technique for hierarchical control of steady-state systems. [Текст] / S. Chen, M. Brdys, P. D. Roberts // "Int. J. Sci.", 1986. - N8. - P.1209-1228.
8. Distributed Parametr Control Systems: Teory and Application. [Текст] / Ed. Trafestas Spuras G. Oxford, 1982. - 497p.
9. Freeling A.N.S. Fuzzy sets and decision analysis. [Текст] // "IEEE Tran. Syst.Man. and Cybern". - V. 10, N7. - P.341-354.
10. Hurst, S. L. Multiple-valued logic-its status and its future. [Текст] / S. L. Hurst // "IEEE Trans. Comput.", 1985. - N12. - P.1160-1179.
11. Koyck, L. M. "Distributed Lags and Investment Analysis". [Текст] / L. M. Koyck // Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1954. 111 p.